文章编号：0454-6296（2000）增刊-0143-08

马尾松林直翅目昆虫群落的时空格局及其多样性和稳定性

韩宝瑜[1,2]，张钟宁[1]
（1. 中国科学院动物研究所，北京 100080；2. 安徽农业大学，合肥 230036）

摘要：在安徽省长江南岸自西向东相同地理纬度的金寺山、戴公山、九连山和麻姑山林场各选面积相等（22 m×22 m）、林分和立地条件相似的样地2块，1998年8月～1999年7月每月下旬对乔木层、下木层（灌木草本层）、地表和落叶层、土壤层中直翅目昆虫的调查和分析表明：① 红褐斑腿蝗 *Catantops pinguis*（Stal）是各场优势种，东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis*（Meyen）、短额负蝗 *Atractomorpha sinensis* I. Bolivar、日本绿螽斯 *Holochlora japonica* Brunner-Wattenwyl和油葫芦 *Gryllus testaceus* Walker为常见种；② 1周年内戴公山、金寺山、麻姑山和九连山林场的物种数、个体数和多样性指数分别是：27、159、1.28；26、70、1.32；35、171、1.42和20、90、1.33；③ 下木层中含有全部调查到的种类和80%以上的个体；④ 麻姑山林场下木层中植被复杂、盖度大，草本植物比其它林场丰富，生境也较湿润；多年来大面积施药对天敌群落损害较大，可能由于这些因素导致该场蝗虫等直翅目昆虫种类数和个体数较多、群落多样性和恢复力稳定性较强。

关键词：马尾松林；直翅目昆虫；时空格局；多样性；稳定性
中图分类号：Q 968.1；S 718.7　　**文献标识码**：A

皖南丘陵以马尾松 *Pinus massoniana* Lamb. 为主要造林树种。林分的下木层（也称灌木草本层）植物组成较丰富，为多种常绿和落叶的灌木和杂草，盖度0.7～0.9左右。一些林区常有溪流交汇，直翅目昆虫种数和个体数较多，成为松林昆虫的一个较大的类群，也是松林生物多样性的重要组成成分。迄今，鲜见有关马尾松林直翅目昆虫群落的研究。为了深入探究松林蝗虫、螽斯和蟋蟀等直翅目昆虫乃至松林节肢动物群落的组成和演替，利于马尾松纯林的害虫管理，遂于安徽省沿江江南相互间距100 km以上、地理纬度相同、但治虫策略不同的4个林场中选立地条件和林分相似的样地，进行系统的调查和比较。

1 材料和方法

1.1 各样地林分状况

在皖南沿江江南自西向东，东至县金寺山林场依据严格的虫情测报以化学农药挑治虫源

基金项目：国家自然科学基金资助项目（批准号39670615）
收稿日期：1999-11-26，修订日期：2000-02-18

地，南陵县戴公山林场常年以球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 制剂接种式防治马尾松毛虫 *Dendrolimus punctata* 等主要害虫，芜湖县九连山林场常年不采用任何治虫和营林措施，松林处于自然状况，宣州市麻姑山林场无规则地大面积淹没式交替施用白僵菌和农药。

在每个林场选林分相似、面积相等（22 m×22 m）、相距 1 km 以上的 2 块样地。林龄 13～15 年，郁闭度 0.75，松树平均高 2.8 m，平均胸径 8 cm，坡向西南，坡度 5 °。4 个林场下木层的植物种类相似，即木本植物以灌丛为主，少量小乔木，还有较多的草本植物，平均高 35 cm 。主要有映山红 *Rhododendron simsii* Planch、白茅 *Imperata cylindrica*（L.）Beauv. var. *major*（Nees）C. E. Hubb、黄檀 *Dalbergia hupeana* Hance 和蕨 *Pteridium aquilinum*（L.）Kuhn var. *latiusculum*（Desv.）Underw. 等。戴公山林场下木层的盖度 0.9，草本植物占 30 % ；金寺山林场的盖度 0.8，草本植物占 30 % ；麻姑山林场盖度 0.9，草本植物占 50 % ；九连山林场盖度 0.7，草本植物占 30 %。

1.2 物种调查和计数方法

将松林垂直分为 4 层，1998 年 8 月～1999 年 7 月每月下旬按以下顺序调查各种蝗虫、螽斯、蟋蟀和蝼蛄，统计种类数和个体数：（1）灌木草本层，在每样地内以双对角线法取 1 m 地带进行调查；再十字形横穿样地，随机扫网 50 次。网口直径 30 cm×30 cm，深 50 cm，以白布制成。（2）地表和落叶层，每样地以棋盘式取样法查 10 个样方，每个样方的面积是 100 cm ×100 cm 。（3）土壤层，每样地棋盘式取 10 个样方，每个样方的大小是 100 cm（长）×100 cm（宽）×10 cm（深）。（4）乔木层，每样地随机调查 22 株。

1.3 分析方法

1.3.1 群落数量、空间和时间格局的分析：鉴定和统计每林场蝗虫、螽斯、蟋蟀和蝼蛄的种数和个体数，比较 4 个林场之间数量组成的差异。再垂直分层地列出分布在各个层次的直翅目昆虫科数、种数和个体数，考查空间格局。分析各林场物种数、个体数和多样性指数等群落特征值的季节变化，揭示时间动态。

1.3.2 群落稳定性分析：群落多样性指数（H'）、均匀度指数（R）和优势度指数（D）分别以公式 $H' = -\sum P_i \lg P_i$、$R = H'/\lg S$ 和 $D = (S-1)N_{max}/(N-N_{max})$ 测算[1]。其中 P_i 是第 i 物种的个体数占总个体数的百分率，S 是群落的物种数，N_{max}是群落中个体数最多的物种的个体数，N 为总个体数。

算出每月的物种数（S）、个体数（N）、多样性指数（H'）、均匀度指数（R）和优势度指数（D），采用韩宝瑜的评价群落稳定性的方法[1]，其原理是：以群落的这 5 个特征为属性，各个调查月份为实体，在计算机上分别对各林场直翅目昆虫群落作主成分分析，算出每个实体（调查月份）的主成分坐标。以第一主成分（Y1）为横坐标轴、第二主成分（Y2）为纵坐标轴，绘出主成分坐标图。在主成分坐标图上，位点序号表示那个月份。代表每个调查月份的位点都相应地显示了该月群落的 5 种特征值。如果有一个时期群落比较稳定，那么这几个月群落的 5 种特征值就较接近，这几个位点就较靠近；否则，就较疏远。代表着 1 周年各个月份的 12 个位点在主成分坐标图上的分布格局则就揭示了群落的稳定性。

2 结果与分析

2.1 4 个林场松林直翅目昆虫群落的基本数量组成

对采得的标本进行鉴定[2~7]，如表1和表2，蝗虫是主要类群，其次是螽斯、蟋蟀和蝼蛄。其中红褐斑腿蝗 *Catantops pinguis*（Stal）是4个林场的优势种，东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis*（Meyen）、小车蝗 *Oedaleus* sp.、中华稻蝗 *Oxya chinensis*（Thunberg）、短额负蝗 *Atractomorpha sinensis* I. Bolivar、姑苏负蝗 *Atractomorpha suzhouensis* Bi *et* Hsia、日本绿螽斯 *Holochlora japonica* Brunner-Wattenwyl、纺织娘 *Mecopoda elongata*（L.）和油葫芦 *Gryllus testaceus* Walker 为各林场常见种。绿丛螽斯 *Tettigonia viridissima* L.、斑翅螽斯 *Conocephalus maculatus*（Le Guillon）、江苏侧隆螽斯 *Atlanticus kiangsu* Ramme、土褐螽斯 *Atlanticus jeholensis* Mari 是各场马尾松林间常见的能够捕食小型昆虫（或卵）的大型螽斯。黄脊竹蝗 *Ceracris kiangsu* Tsai 和青脊竹蝗 *Ceracris nigricornis nigricornis* Walker 在戴公山林场数量稍大。蝼蛄数量很少。

表1　戴公山（DGS）、金寺山（JSS）、麻姑山（MGS）和九连山（JLS）林场直翅目昆虫群落特征

Table 1　Characteristics of orthopteran community in Daigongshan（DGS），Jinsishan（JSS），Magushan（MGS）and Jiulianshan（JLS）Forest Farms

林场 Forest farm	物种数 NS①	个体数 NI②	多样性指数 Diversity index	均匀度指数 Evenness index	优势度指数 Dominant index
DGS	27	159	1.28	0.89	5.56
JSS	26	70	1.32	0.93	3.69
MGS	35	171	1.42	0.92	5.39
JLS	20	90	1.33	0.92	4.86

①NS：Number of species；②NI：Number of individuals；The same for Table 2 and Table 3

表2　戴公山、金寺山、麻姑山和九连山林场直翅目各科昆虫种数和个体数

Table 2　Families，number of species and individuals of orthopterans in DGS，JSS，MGS and JLS Forest Farms

科 Family	DGS		JSS		MGS		JGS	
	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI
斑腿蝗科 Catantopidae	6	58	6	23	7	65	5	40
斑翅蝗科 Oedipodidae	6	45	6	16	6	29	4	20
网翅蝗科 Arcypteridae	2	12	2	5	2	4	1	3
锥头蝗科 Pyrgomorphidae	2	10	2	5	5	21	2	5
癞蝗科 Pamphagidae	1	2	1	2	2	3	1	1
螽斯科 Tettigoniidae	5	14	4	12	6	29	4	13
纺织娘科 Mecopodidae	1	2	1	3	1	4	1	2
蟋蟀科 Gryllidae	4	16	3	4	6	15	2	6
蝼蛄科 Gryllotalpidae	0	0	0	0	1	1	0	0

麻姑山林场种数最多，个体数最大，多样性指数也最大。戴公山林场和金寺山林场物种数相近。九连山林场的物种数最少。

2.2 4个林场松林直翅目昆虫群落的空间格局

如表3，直翅目昆虫主要分布于下木层中。蝗虫和螽斯大多在下木层，小部分在乔木层中，少数个体也到地表活动。蟋蟀主要在地表和枯枝落叶层以及土壤层中。

表3 戴公山、金寺山、麻姑山和九连山林场直翅目昆虫群落的空间格局

Table 3 Spatial pattern of orthopteran community in DGS, JSS, MGS and JSS Forest Farms

林场 Forest farm	总科 Super family	乔木层 Tree layer			下木层 Shrub & herb layer			地面和枯叶层 Ground & litter layer			土壤层 Soil layer		
		NS	NI	PIT*	NS	NI	PIT	NS	NI	PIT	NS	NI	PIT
DGS				10.1			83.01			5.7			1.3
	蝗总科①	8	14		20	108							
	螽斯总科②	1	2		4	17							
	蟋蟀科③				3	7		6	9		2	2	
JSS				10.0			84.3			4.3			1.4
	蝗总科①	4	5		17	47		1	1				
	螽斯总科②	2	2		4	11							
	蟋蟀科③				1	1		2	2		1	1	
MGS				2.9			92.4			3.5			1.2
	蝗总科①	3	4		23	119							
	螽斯总科②	1	1		7	30							
	蟋蟀科③				5	9		3	5		2	2	
	蝼蛄科④							1	1				
JLS				7.8			86.7			3.3			2.2
	蝗总科①	3	5		16	67		1	1				
	螽斯总科②	2	2		3	9		1	1				
	蟋蟀科③				1	2		1	1		2	2	

①Acridoidea；②Tettigonioidea；③Gryllidae；④Gryllotalpidae

* PIT，该层个体数占总个体数的百分率（Percentage of individuals accounting for total ones）

4个林场直翅目昆虫种数和个体数的分布也有差异。麻姑山林场下木层中个体数占其在4个层次总个体数百分率最大（92.4 %）。九连山林场不治虫、不营林，虽然也以下木层中个体数百分率最大（86.7 %），但4个层次个体数百分率间的差异比其它3个林场稍小，这可能显示了处于自然状态的马尾松纯林中个体数的分布状况。

2.3 4个林场松林直翅目昆虫群落丰富度、个体数和优势度指数的时间格局

深秋季节，10月份物种数开始减少，至1、2月份降至最低。自3月份起种数很快上升，4～9月物种数最多（图1：A）。

10月份个体数开始减少，至12、1和2月份降至最低。3月份起个体数迅速增长，尤其是戴公山林场。4～9月个体数较多（图1：B）。

群落优势度指数可表明群落中是否有优势种类及其优势程度。麻姑山林场种类最多，多

样性指数也最大，群落优势度不明显。戴公山林场因红褐斑腿蝗、青脊竹蝗和黄脊竹蝗个体数较多，群落优势度指数就较大，尤其是9月和5月（图1：C)。

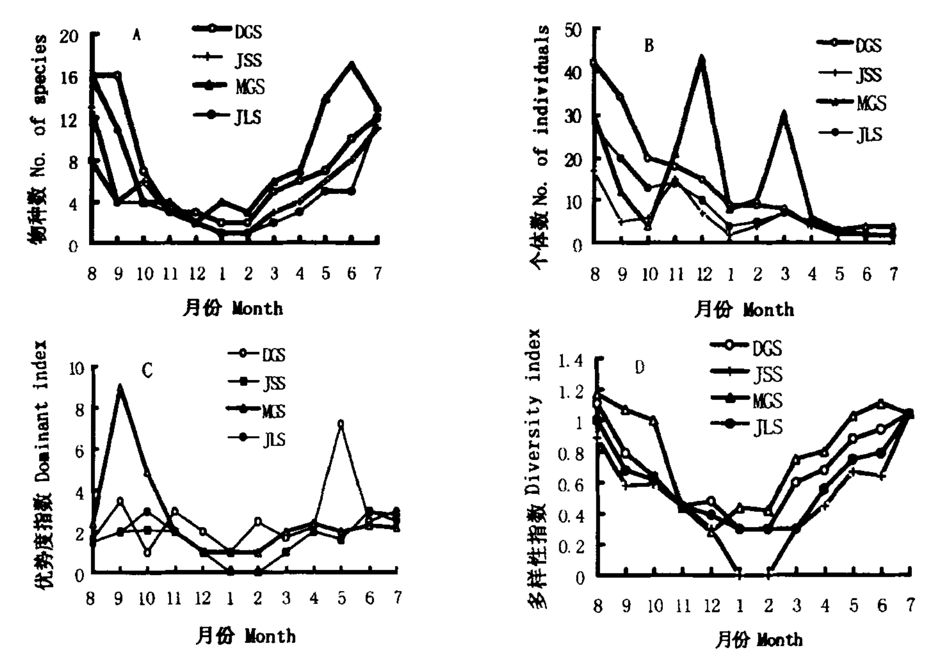


图1　1998年8月～1999年7月戴公山（DGS)、金寺山（JSS)、麻姑山（MGS)和九连山林场（JLS）直翅目昆虫群落特征的变化

Fig.1　Changes in characteristics of orthopteran communities in DGS, JSS, MGS and JLS Forest Farms from Aug. 1998 to Jul. 1999

2.4　4个林场直翅目昆虫群落的多样性稳定性

2.4.1　多样性：群落多样性即群落中物种的多寡以及各物种之间个体数量组成的均匀程度。从图1：D可见，1和2月，直翅目群落多样性指数最小，6～9月最大。从深秋（10月)～冬季（12月、1月）多样性指数逐月递减，早春（2月)～仲夏（7月）多样性指数逐月递增。戴公山、金寺山、麻姑山和九连山林场1998年8月～1999年7月的月平均多样性指数分别为0.7、0.5、0.8和0.6，以麻姑山林场直翅目昆虫群落的多样性指数最大。

2.4.2　稳定性：生态学者们评价群落稳定性的观点迄今尚未统一。多数学者认为多样性与稳定性相关，多样性大则稳定性就强[8,9]，有学者持相反的观点[10]。

作者认为群落的稳定性表明了群落抗衡外界干扰及受扰动后的恢复能力，本研究讨论的是恢复力稳定性，用主成分分析法进行评估[1]。对4个林场直翅目群落做主成分分析，并绘出生物入选主成分坐标图（图2)。戴公山、金寺山、麻姑山和九连山林场主成分分析结果表明，第一、二两主成分上累积贡献率依次为86.6 %、89.6 %、96.2 %和89.7 %，信息的损失率仅为13.4 %、10.4 %、3.8 %和10.3 %，排序都很成功。

图中位点的序号代表调查月份。在麻姑山林场主成分坐标图（MGS）中，A区域包括3～8月，这是1年中的生长季节，食料丰富，光照和水分等环境因子适宜，蝗虫、螽斯、蟋

蟀和蝼蛄等繁殖力较大，群落处于扩张状态；但位点集中，即每个月群落的5种特征值比较接近，稳定性强。B区域包括9～10月。C区域包括11～2月，物种数、个体数和多样性指数都较小，群落处于收缩状态。可以综合认为，群落是一有机体，随着春、夏、秋、冬的交替，群落相应地扩张和收缩而进行季节演替，该群落1年12个月明显地分割为3个区域，时序[11]分明，显出较强的恢复力稳定性。

在戴公山林场主成分坐标图中（DGS），1年12个月明显地分为A、B、C和D 4个区域，时序分明，随着季节的演替，群落具有一定的恢复力稳定性。但A、B、C和D区域内，位点较分散，其群落的恢复力稳定性弱于麻姑山林场。

在图2 JLS中，虽然随着季节的演替，1年12个月也分为3个区域，但是：（1）C区域6～10月相互间距较大，表明生长季节群落的稳定性不很强；（2）B区域包含了3～5月和11～12月，表明这些月份群落的结构相似。该群落不如DGS群落的时序分明，其稳定性略弱于戴公山林场。

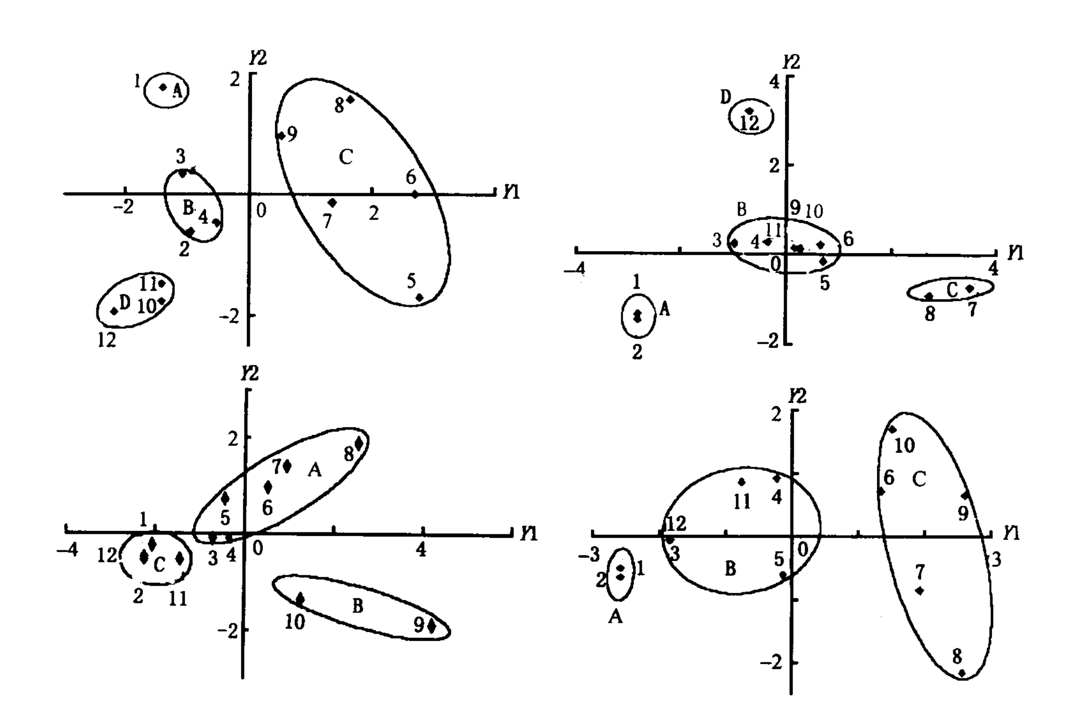


图2 1998年8月～1999年7月戴公山（DGS）、金寺山（JSS）、麻姑山（MGS）和九连山林场（JLS）直翅目昆虫群落主成分坐标图

Fig.2 Principal component diagram of orthopteran communities in DGS, JSS, MGS and JLS Forest Farms from Aug. 1998 to Jul. 1999

位点1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11和12代表月份；Y1和Y2分别为第一、二主成分

Plots 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 stand for the months. Y1 and Y2 are 1st and 2nd principal component, respectively

在图2 JSS中，也分为4个区，在每个区域内位点很集中，即其中的几个月份群落特征接近。但：（1）生长季节3～9月份分在B、C两个区域，群落扩展趋势不明显；（2）该群落

种类数和个体数都较少，多样性较小。群落的稳定性还稍弱于戴公山林场。

3 结论和讨论

这 4 个林场地理纬度相同，林分和土质相似，但群落的物种数、个体数、三维空间格局以及多样性和稳定性有着明显差异。麻姑山林场物种数和个体数最多，多样性稳定性最强。因为其下木层中草本植物丰富，草本植物生物量与木本植物相当，植被复杂；林区还有一些小河、小溪穿过，水分条件较好，这些都利于蝗虫类群的栖息和繁衍[8]。九连山林场下木层中植物盖度小，植被欠丰富，林区距水源也较远，湿度较低。直翅目昆虫的种数和个体数就较少。颜忠诚等[12]发现内蒙古锡林河流域不同生境中蝗虫种类出现情况与生境复杂程度有很大关系，复杂生境中蝗虫种类最丰富。其中的沙带林地区域水份条件好，植被组成复杂，是典型草原的“蝗虫库”。Wettstein 等[13]也报道瑞士的山区湿地环境中直翅目昆虫群落的多样性正相关于植被结构，植被复杂的生境中，多样性大。Parajulee 等[14]报道，在美国得克萨斯州牧区，蝗虫偏嗜牧豆树植物 *Prosopis glandulosa* Torrey，以其为优势种的生境中生物量也较大（3 435 kg/hm^2），而以桧属植物 *Juniperus pinchoti* Sudworth 为优势种的生境中生物量较小（793 kg/hm^2）。前者的蝗虫群落多样性和种类数明显大于后者，每年 6 月中旬～7 月下旬为蝗虫高峰期，前者蝗虫密度是 8 头/m^2～10 头/m^2，后者＜1 头/m^2。他们认为生境类型影响种类数和个体数，食物资源决定了草原蝗虫群落的组成。

另一方面，各林场多年以来的治虫方式若对天敌群落的扰动较大，也会削弱松林生态系的自然控制力，促进蝗虫、螽斯和蟋蟀的发生。比如，麻姑山林场大面积淹没式施用农药，对天敌的杀伤力就较大，松林群落对害虫的生态控制力不强[15]。北美历史上和现在用广谱杀虫剂防治草原蝗虫，费用较高[16]。有研究表明这种大面积施药方式已严重影响了有益的非目标生物[17]，建议改用低剂量农药、选择性地防治部分发生区[18]。

因此，蝗虫等直翅目昆虫所需的环境质量（植被、治虫措施和林间作业等）与其群落特征密切相关。

参　考　文　献　(References)

[1] 韩宝瑜. 茶园昆虫群落时空格局及多样性稳定性. 茶叶科学. 1997, 17 (1): 27～32

[2] 萧刚柔主编. 中国森林昆虫（第二版）北京：中国林业出版社，1992. 107～132

[3] 夏凯龄等编著. 中国动物志·昆虫纲（第四卷）·直翅目·蝗总科（癞蝗科、瘤锥蝗科、锥头蝗科）. 北京：科学出版社，1994. 189～301

[4] 郑哲民，夏凯龄等编著. 中国动物志·昆虫纲（第十卷）·直翅目·蝗总科（斑翅蝗科、网翅蝗科）. 北京：科学出版社，1998. 1～400

[5] 杨星科主编. 长江三峡库区昆虫（上）. 重庆：重庆出版社，1997. 122～171

[6] 吴　鸿主编. 华东百山祖昆虫. 北京：中国林业出版社，1995. 69～78

[7] 章士美，赵泳祥编著. 中国农林昆虫地理分布. 北京：中国农业出版社，1996. 20～34

[8] 中国农业百科全书昆虫卷编辑委员会. 中国农业百科全书·昆虫卷. 北京：农业出版社，1990. 164～165，323～324

[9] Price P W. Insect Ecology. John Wiley & Sons, N. Y., 1975

[10] May R M. Theoretical Ecology. Blackwell Sci., Oxford, 1976

[11] Fujisaki K. Studies on the mating system of the winter cherry bug, *Acanthocoris sordidus* Thunberg (Heteroptera: Corei-

dae) I. Spatio-temporal distribution patterns of adults. Res. Popul. Ecol., 1980, 21 (2): 317~331

[12] 颜忠诚，陈永林. 内蒙古锡林河流域不同生境中蝗虫种类组成的分析. 昆虫学报. 1997, 40 (3): 271~275

[13] Wettstein W, Schmid B. Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. J. Appl. Ecol., 1999, 36: 363~373

[14] Parajulee M N, Slosser J E, Montandon R *et al*. Rangeland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) associated with mesquite and juniper habitats in the Texas Rolling Plains. Environ. Entomol., 1997, 26 (3): 528~536

[15] 韩宝瑜，李增智，鲁绪祥等. 淹没式交替施用白僵菌和农药的马尾松林动物和虫生真菌群落的结构及动态. 生物数学学报. 1996, 11 (3): 82~93

[16] Narisu, Lockwood A, Schell P. A novel mark-recapture technique and its application to monitoring the direction and distance of local movements of rangeland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in the context of pest management. J. Appl. Ecol., 1999, 36 (4): 604~617

[17] Lockwood J A, Kemp W P, Onsager J A. Long-term, large-scale effects of insecticidal control of rangeland grasshopper populations (Orthoptera: Acrididae). J. Econ. Entomol., 1988, 81: 1 258~1 264

[18] Lockwood J A, Schell S P. Decreasing economic and environmental costs through reduced area and agent insecticide treatments (RAATs) for the control of rangeland grasshoppers: empirical results and their implications for pest management. J. Orthopt. Res., 1997, 6: 19~32

Temporal and spatial patterns of orthopteran community and their diversity and stability in massion pine stands

HAN Bao-yu[1,2], ZHANG Zhong-ning[1]

(1. Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing 100080; 2. Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: Two sampling plots of the same area (22 m×22 m) with the alike stand were respectively selected within the samiliar pine stands in Jinsishan (JSS), Daigongshan (DGS), Jiulianshan (JLS) and Magushan (MGS) Forest Farms alone the south shore of Yangtse River in Anhui Province. Orthopterous insects in tree layer, shrub and herb layer, litter layer and soil layer were investigated in every month from Aug. 1998 to Jul. 1999. The results showed that: ① *Catantops pinguis* (Stal) was dominant in the 4 forest farms, and *Locusta migratoria manilensis* (Meyen), *Atractomorpha sinensis* I. Bolivar, *Holochlora japonica* Brunner-Wattenwyl and *Gryllus testaceus* Walker were common ; ② the number of species and of individuals, and the diversity index in DGS, JSS, MGS and JLS Forest Farms were 27, 159, 1.28 ; 26, 70, 1.32 ; 35, 171, 1.42 and 20, 90, 1.33, respectively ; ③ all the insect species found and 80 % of individuals were in the shrub and herb layer ; ④ plenty of herbs and streams in MGS Forest Farm provided good habitat for the orthopterans and the intensive spray of insecticides for many years favoured their development. It is suggested that heavy depression of their natural enemies by the application of the chemicals resulted in greater diversity and recovery stability of the orthopteran community in this forest farm than in the other ones.

Key words: massion pine forest; Orthoptera; temporal and spatial patterns; diversity; stability